Die hochmetamorphe Kieslagerstätte von Tessenberg-Panzendorf in Osttirol

Von

Alexander Tornquist in Graz

(Mit 1 Tafel)

(Vorgelegt in der Sitzung am 24. Jänner 1935)

Der bis in die Nachkriegszeit im Abbau gestandene Pyritbergbau Tessenberg und die alten Kupfererzbergbaue Außervillgraten und Panzendorf haben Lagerstätten eines und desselben Typus erschlossen. Es ist der Typus einer alten hochtemperierten hydrothermalen Lagerstätte, welche durch spätere tektonische Überarbeitung in eine hochmetamorphe Lagerstätte abgewandelt worden ist.

Die drei Bergbaue befinden sich nördlich des osttiroler Pustertales zwischen Sillian und Abfaltersbach. Die Tessenberger Stollen liegen in 1750 bis 2100 *m* Meereshöhe am Ostabfall des Stulperrast hoch in der rechten Flanke des Hinterberger Turnbaches, östlich des Morgenrastl (2142 *m*). Außervillgraten und Panzendorf befinden sich am Westabfall des Stulperrast, im Osthang des unteren Villgratentales, ersteres in 1600 *m* Meereshöhe, letzteres am Ausgang des Villgratentales, 1 *km* nördlich des Schlosses Heinfels.

Über diese Lagerstätten, welche ganz überwiegend Pyrit und Magnetkies führen, ist bisher wenig bekannt geworden. Sie finden sich ohne nähere Angabe bei Czermak und Schadler[1] erwähnt. Geschichtliche Daten über den Panzendorfer Bergbau lieferte v. Wolfskron[2] und kürzlich Srb.[3] Kurze Angaben über die Lagerstätte von Panzendorf gaben Bergeat[4] und Kittl.[5] Die von Bergeat geäußerte Ansicht, daß sich die Vererzung mit der alten Metamorphose der Glimmerschiefer vollzogen hat, konnte ebensowenig bestätigt werden, wie die von Bergeat aufgestellte Paragenese. Die Mitteilung Kittl's bezieht sich auf ein im Jahre 1912 im damaligen Unterbaustollen angetroffenes unbedeutendes Erzmittel im Liegenden des Haupterzlagers.

---

1 Vorkommen des Elementes Arsen den Ostalpen. Min. und petrograph. Mitt., *44*, 1933, p. 39.

2 Zur Geschichte des alten Kupferwerkes Panzendorf im Pustertal. Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen, 1887, p. 395.

3 Bergbaue in Tirol und Vorarlberg. Innsbruck, 1929.

4 Erzlagerstätten, I, 1904, p. 279.

5 Zeitschr. f. prakt. Geologie, *20*, 1912, p. 95.

Die geologische Position.

Die Erzlagerstätten befinden sich in der breiten, nördlich des Drauzuges von Lienz aus bis über das Villgratental östlich sich erstreckenden Zone der Turntaler Quarzphyllite. Nach M. Furlani[1] taucht von Süden her das Mesozoikum des Drauzuges unter diese Quarzitphyllite, während sie selbst im Norden unter einer Serie hochmetamorpher Gneise und Glimmerschiefer (ostalpines Krystallin), in welche die von Furlani beschriebenen Triasschuppen eingeschoben sind, verschwinden. Die Erze treten als Pyrit- und Magnetkieslager in grauen, dünnschiefrigen, muskovitreichen Phylliten auf, welchen sparsame Züge einer großkrystallinen, schwarzen Hornblende mit Magnetit und wenig Ilmenit eingeschaltet sind. Im Phyllit kann der Quarzgehalt auf Kosten des Muskovits so zunehmen, daß sehr feste Quarzite entstehen. Die Erzlager sind an eine Zone von Graphitschieferzügen gebunden, diese treten im Liegenden, im Hangenden und in den Erzlagern selbst auf; in der Verbindung mit dem Erz sind die Graphitschiefer stark chloritisch. Wie im übrigen ostalpinen krystallinen Gebirge ist die Graphitschieferzone eine Zone tektonischer Bewegung im Turntaler Quarzphyllit; durch diese Bewegung kann der Graphitschiefer bis zu 20 *m* Mächtigkeit angeschoppt sein (Unterbaustollen Tessenberg).

Die Erzzonen bestehen aus wenigen, eng beieinanderliegenden Erzlagern, welche ihrerseits aus einzelnen Erzlinsen bestehen, deren Ausdehnung im Verflächen eine größere ist als im Streichen. Das Streichen einer Linse erreicht bis mehrere 100 *m*, kann aber auch auf wenige Meter herabgehen. Mächtigkeiten wurden sowohl in Tessenberg als auch in Panzendorf bis 4 *m* aufgeschlossen.

Die folgende kurze Beschreibung der drei Lagerstätten bildet das Ergebnis der Untersuchung der derzeit zugänglichen Erzaufschlüsse; diese konnten durch die Beobachtungen ergänzt werden, welche Herr Bergdirektor Ing. H. Leopold während der Bergbauperiode im Erz anstellen konnte. Diesem sei für die persönliche Führung und die Überlassung von Unterlagen herzlichst gedankt.

Die Tessenberger Erzzüge.

Das Streichen der Phyllite und der Erzlager verläuft ostwestlich. Am Westende des Revieres unter dem Gipfel des Morgenrastl schwenkt das Streichen (Aufschluß im Fundstollen in 2050 *m* Meereshöhe) in Nordwest um. Das Verflächen der Erzlager ist mit 80° in Nord gerichtet, nach der Tiefe zu, im Niveau des Unterbaustollens (1750 *m*), hat sich das Erz aber steil aufgerichtet. Der Bergbau hat zwei Erzlager aufgeschlossen; der Abbau hat vorwiegend im Liegendlager stattgefunden, in ihm wurden 500 *m* streichend und 300 *m* im Verflächen aufgefahren und damit zwei Erzlinsen aufgeschlossen. Die

[1] Der Drauzug im Hochpustertal. Mitt. d. Wiener Geol. Ges., 5, 1916, p. 252.

westliche Linse besitzt 40 *m* streichende Länge und 1·5 bis 2 *m* Mächtigkeit. Im Fundstollen (siehe oben) zeigte das Erz sogar 4 *m* Mächtigkeit.

Die östliche Linse wurde bisher über 260 *m* streichend verfolgt in einer Mächtigkeit von 1·75 bis 2 *m*. Auf 2 *m* Lagermächtigkeit fallen im Durchschnitt 0·75 *m* Derberz. Bisher sind 40.000 *t* Pyriterz gefördert worden. Beide Linsen werden von unbedeutenden in 1 bis 2^h streichenden Verwerfern durchsetzt. Das Erzlager zeigt geschichtete Struktur, da fast quarzfreie mit quarzigen Pyritzügen wechsellagern, außerdem sparsam Hornblendeeinlagerungen und häufig auch chloritische Graphitschiefer auftreten, in denen nur diffuse Imprägnationen von Pyritwürfeln ausgebildet sind. Das Erz des 30 *m* im Hangend entfernten Hangendlagers ist reicher an Magnetkies und makroskopisch sichtbaren Kupferkiesschnürchen; bemerkenswert ist, daß wenig weiter im Hangenden kleine Schmitzen von »Blauerz« angetroffen wurden, welche aus einem Gemenge von Zinkblende und Bleiglanz und wahrscheinlich von Antimonerzen bestanden.

Das Erz des Hauptlagers zeigte im Durchschnitt 45 % Fe, 44 % S und 0·5 % Cu.

Östlich der letzten Aufschlüsse in den Tessenberger Erzlagern befinden sich im sogenannten Weißenbach Einbaue in Pyriterz. Am jenseitigen Gehänge des Gerichtsbaches befindet sich in einer Entfernung von 1200 *m* der Stollenbau des Gerichtsbaches; hier wurde früher zeitweilig auf kupferkiesreichen Magnetkies gebaut. Wie auch die Spezialkarte zeigt, liegen diese Einbaue in einer Bergflanke, welche in ständiger Abrutschbewegung begriffen ist, so daß heute nicht einmal mehr die Stolleneinbaue aufgefunden werden können.

Der Villgratener Erzzug.

Der alte Abbau vollzog sich in zirka 1600 *m* Meereshöhe, von einer senkrechten Felswand aus, welche aus teilweise mit Pyrit und Magnetkies imprägniertem festem Quarzitschiefer besteht, in welchem eine große Anzahl von Erzlinsen ausbeißen, denen zum Teil von Tag aus nachgegangen worden ist. Durch den mittleren Villgratener Stollen ist diese Erzzone unterfahren worden. Im Stollen sind zwei Magnetkieslinsen streichend aufgeschlossen. Eine 1 *m* mächtige Erzlinse ist mit flachem Einfallen in Osten von einer aus der Sohle des Stollens aufsteigenden Liegendlinse durch dünnschiefrigen Phyllit getrennt. Das Erz setzt an Harnischen am Phyllit ab. Die Erzlinsen bestehen aus dichtem Magnetkies, eine Zone von 3 bis 4 *cm* am Dach der Linsen ist von Kupferkies-Schnürchen so stark durchzogen, daß sie ein Erz mit 5 % Cu ergeben haben.

Der Panzendorfer Erzzug.

Die Einbaue reichen von der Talsohle bis zu 200 *m* an der Bergflanke hinauf. Das Hauptlager streicht von Nordwesten in Südosten und verflächt mit 40 bis 50° in Nordosten. Das Trägergestein entspricht mit seinen Einlagerungen genau jenem von Tessenberg. Ein

Liegendlager ist das von Kittl beschriebene. Im Gegensatz zu Tessenberg enthält das Panzendorfer Lager Einschübe von »Blauerz«. d. h. reichliche Einschübe eines Sulfidgemenges, in welchem Blende, Kupferkies, Bleiglanz und, wie die erzmikroskopische Untersuchung erwies, Kupferglanz und antimonige Sulfosalze auftreten. Über die Verbreitung dieser »Blauerze« liegen keine Beobachtungen vor, solche können erst beim künftigen Abbau angestellt werden, vor den Gruben liegen diese Blauerze in reichlicher Menge. Die Analysen der Pyritderberze ergaben im Durchschnitt 40·7% S, 0·5% As, 3·6% Zn, 1·5% Cu, 1% Pb. Auf Sb und Ag ist bisher nicht geprobt worden. Die aus den Derberzen und aus den ärmeren aufbereiteten Grobkiesen erzeugten Liefererzen enthielten im Durchschnitt 42% Fe, 41% S, 0·5 As, 3% Zn, 1·4% Cu, 1% Pb. Die Analysen zeigen entsprechend den Ergebnissen der erzmikroskopischen Untersuchung einen sehr erheblichen Anteil von Blende, Kupferkies und Bleiglanz im Derberz.

Die erzmikroskopische Untersuchung.

Im Gegensatz zu ihrer makroskopischen Erscheinung zeigen die Erze unter dem Auflichtmikroskop einen starken und schnellen Wechsel in Struktur und Mineralassoziation, ganz abgesehen von größeren, aber ebenfalls nicht prinzipiellem Unterschiede zwischen dem Tessenberger und Panzendorfer Erz.

Die Untersuchung erwies, daß eine primäre präalpide perimagmatische hydrothermale sulfidische Lagerstätte vorliegt, welche sekundär tektonisch in eine hochmetamorphe, völlig neu struierte Lagerstätte umgewandelt worden ist.

1. Das primäre Erz.

Als Bestandteile der primären Lagerstätte sind nur harte Kiese, Arsenkies und Pyrit mit primärem Quarz erhalten geblieben, alle anderen Erzmineralien sind sekundär umgelöst, mineralisch verändert und verlagert worden. Die Kiese bilden in großen Zügen der Lagerstätte die Haupterze, sie sind überall stark zerdrückt, dies bis zur feinstkörnigen Zerbröselung zu einem Pyrit-Mylonit. Es wechselt die Intensität der Mylonitisierung in den einzelnen Schichten des Lagers. Die Pyritbruchstücke sind zudem stark angelöst und dann teilweise in Magnetkies umgewandelt. Nur selten finden sich noch intakte Würfel- oder Oktaederflächen. Der Pyrit ist fast überall isotrop. Arsenkies findet sich sehr sparsam in zwischen dem Pyrit eingestreuten Körnern, er kommt aber auch als Einschluß im Pyrit vor, dann in vollkrystallinen Pyramiden. Auffallenderweise gibt der stark anisotrope Arsenkies bei Anätzung nie den normalen Zonenbau, dagegen ab und zu mimetischen Zwillingsbau (Panzendorf), wie er beim Kobaltglanz bekannt ist. In Quarz eingebettet, fanden sich im Panzendorfer Erz intakte Durchwachsungszwillinge. Die primäre Gangart ist ausschließlich Quarz. Mit der primären Vererzung ging

die Bildung von reichlichem Chlorit und Feldspat einher. Die Chloritbildung vollzog sich teilweise aus der Hornblende, diese wird nicht nur vom Rand aus umgewandelt, sondern es bildeten sich auch im Inneren der Krystalle Chloritnester. Die Bildung von Chlorit in den weichen, im Erz eingeschalteten Graphitschiefern ließ sich mikroskopisch nicht verfolgen. Dünnschliffe des Erzes zeigen ferner teilweise reichliche Einschlüsse (Tessenberg) eines ziemlich saueren Albits, dieser ist allermeist wie alle primär gebildeten Mineralien zerbrochen und zermalmt und durch den während der späteren Erzmetamorphose eingewanderten Kalzit angelöst oder weitgehend verdrängt. Der Albit ist mit kleinen Erzeinschlüssen erfüllt; diese bestehen aus kleinsten, teilweise durch Feldspatmasse verdrängten Kupferkieskrystallen und aus Bleiglanzwürfeln und Aggregaten. Diese Erze müssen Bestandteile der primären Lagerstätte gewesen sein; von dem späteren metamorphen Kupferkies ist der Albit häufig durchadert. Während demnach die Hornblende und der Muskovit sowie der Quarz, Magnetit und Ilmenit aus der altkrystallinen Gesteinsmetamorphose stammen, sind der Chlorit und der Albit jüngerer Bildung, sie sind bei der primären Vererzung entstanden und bei der noch späteren Erzmetamorphose mitbewegt. Der Albit ist dabei zerdrückt worden und von Kalzit gelöst sowie vom metamorphen Kupferkies verheilt worden. Die Abb. 2 der Taf. I zeigt sehr schön die Auflockerung der Chloritscheite und die Aufwirbelung der einzelnen Chloritblättchen durch Erzlösungen des erzmetamorphen Vorganges. Zwischen größeren Hornblendekrystallen befindet sich auch selten Kupferkies offenbar primärer Entstehung erhalten. Dieser unterscheidet sich von der Hauptmenge des Kupferkieses des Erzes dadurch, daß er stark verzwillingt ist.

Die Reste, welche im Erz aus der primären Vererzung erhalten sind, kennzeichnen diese als hochtemperierte hydrothermale Lagerstätte, in welcher als erste Vererzungsphase zunächst Arsenkies und Quarz, sodann Pyrit abgesetzt worden ist. Diese Erzfolge steht im Gegensatz zu anderen Paragenesen in ostalpinen Lagerstätten, so beispielsweise im jungen Tauerngolderz,[1] wo der Pyrit vor dem Arsenkies ausgeschieden ist.

2. Das metamorphe Erz.

Es sind Anzeichen dafür vorhanden, daß der primäre Erzkörper nicht nur einer, sondern zwei Bewegungen unterworfen gewesen ist, von denen allerdings nur die letzte, welche sich als eine äußerst intensive erkennen läßt, bis ins Detail verfolgt werden kann. Anzeichen für zwei Bewegungen sind darin zu erblicken, daß der Pyritmylonit im Tessenberger Lager stellenweise durch Quarzzement verkittet ist, während in der Regel und verbreitet die Metamorphose der Sulfide mit kalzitischer Gangart einhergeht. Die Annahme, daß sich in einigen

[1] A. Tornquist, Vererzung und Wanderung des Goldes in den Erzen der Hohen-Tauern-Gänge. Sitzungsber. d. Wiener Akad., I, *142*, 1933, p. 41.

Teilen der Erzlager ein quarziges Bindemittel und gleichzeitig in der Hauptsache Kalzit als Bindemittel abgesetzt haben sollte, stößt auf Schwierigkeit. Die letzte und Hauptmetamorphose der Erzlager hat der Struktur der Erze aber alle Hauptcharaktere aufgedrückt; durch sie fand eine intensive Umgestaltung aller weichen Sulfide und der Sulfosalze statt. Als Neubildungen treten in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit auf: Magnetkies, Kupferkies, Blende, Bleiglanz, Kupferglanz, Berthierit, Bournonit und Fahlerz. Der Kalzit ist wasserhell, stets stark druckverzwillingt; ihm folgten vielfach erst die Sulfide und Sulfosalze.

Das häufigste und einfachste Strukturbild zeigt einen Pyrit-(Arsenkies-)Mylonit, welcher durch Magnetkies und wenig Kalzit zementiert ist. Alle Übergänge eines Erzes, in welchem nur dünne Züge von Magnetkies zwischen die Pyritbruchstücke eingelagert sind, bis zu derben Magnetkieszügen, in welche nur mehr in völliger Auflösung begriffene Züge kleiner Pyrit-Arsenkies-Reste schwimmen, treten im starken Wechsel miteinander auf. Im Tessenberger Erz fanden sich auch noch ziemlich intakte Würfel und Oktaeder von Pyrit im Magnetkies. Der Magnetkies ist durch Entschwefelung des Pyrits an Ort und Stelle gebildet, ohne daß eine nennenswerte Wanderung der Mineralsubstanz eingetreten wäre. Beim Verbruch der Pyrite erhalten gebliebene Krystallflächen haben wie stets der Umwandlung in Magnetkies mehr Widerstand entgegengesetzt wie die Bruchflächen.

Der Magnetkies besitzt normale körnige Struktur. Häufig findet sich in ihm Blende in Tropfenform oder als Krystallite eingeschlossen. Da der Magnetkies stets Fetzen des Quarzphyllits eingeschlossen erhält, so nimmt man auch Lösungsreste von Magnetit und Ilmenit im Magnetkies wahr, Blende hat sich mit Vorliebe an dem Rand dieser Oxyde abgesetzt. Im Tessenberger Magnetkies ist überall die von Ramdohr[1] eingehend beschriebene Umsetzung in die lichte Varietät zu beobachten; in dieser ist vielfach lamellöser Aufbau wahrnehmbar. Im Panzendorfer Magnetkies konnte die Umwandlung nicht aufgefunden werden.

Zusammen mit Magnetkies, häufig aber ohne ihn, bildet ferner Kupferkies das Zement des Pyrit-Mylonits, er kann das Erz auch in derben makroskopisch sichtbaren Zügen durchziehen, er enthält Blendeeinschlüsse, welche häufig Kupferkiesströpfchen führen.

Die Blende läßt bei Anätzung normalen Zwillingsbau erkennen.

Gegenüber dem Magnetkies muß der Kupferkies in der Lagerstätte bei der Erzmetamorphose stärker verlagert worden sein. Die Frage, ob diese durch molekulare Verschiebung oder durch Lösung und Wiederabsatz erfolgte, ist in unserem Erz definitiv zu entscheiden.[2]

---

[1] Schneiderhöhn und Ramdohr, Lehrb. d. Erzmikroskopie, II, 1931, p. 139, Abb. 62.

[2] Vgl. hiezu Diskussion Huttenlocher's in »Die Blei-Zink-Lagerstätte von Goppenstein«. Beiträge z. Geol. d. Schweiz, XVI. Lieferung, 1931, p. 23 ff.

Die Aufblätterung und Aufwirbelung der Chloritscheite, auf welche oben verwiesen wurde, läßt, wie die Abb. 2 der Taf. I zeigt, keinen Zweifel darüber, daß Lösung des primären Sulfids und Neuabsatz nach einer Flußbewegung aus dieser Lösung stattgefunden hat. Die Lösung erfolgte im normalen Bergwasser, aus welchem kurz vorher der wasserhelle Kalzit abgesetzt worden war. Bei dieser vollständigen Umlösung, welcher auch die gleich zu besprechenden Sulfide und Sulfosalze unterworfen gewesen sind, ist es durch Austritt von Ag, As und teilweise auch Sb aus solchen Teilen der Lagerstätte zu einer beträchtlichen Veränderung der Mineralsubstanz der Erzkörper im Laufe der Erzmetamorphose gekommen.

Der Kupferkies durchzieht den Magnetkies niemals in Adern, wohl aber treten an den Grenzflächen beider Sulfide Erscheinungen auf, welche dafür sprechen, daß der Absatz des Kupferkies demjenigen des Magnetkies überdauert hat. Man findet häufig gerundete Partien des letzteren im Kupferkies eingeschlossen, während typische Verdrängungsstrukturen fehlen. Mit dem Kupferkies treten außer der Blende auch Sulfosalze auf. In feinen Zipfeln, in welchen Kupferkies in Magnetkiesmassen hineinragt (Tessenberg), finden sich Ausscheidungen von krystallin begrenztem Kupferglanz und Berthierit (Abb. 4 der Taf. I). Man kann diese Bildungen nur so auffassen, daß hier bei der Anwesenheit von Sb in den Lösungen ein analoges Gemenge von Fe, Cu und S vorhanden war und zur Ausscheidung kam, wie es zur Bildung von Magnetkies und Kupferkies geführt hat. Der Vorgang wird durch die folgende Formel veranschaulicht:

$$2\,FeCuS_2 + FeS + 2\,Sb = Cu_2S + FeSb_2S_4.$$

Dieser Vorgang beweist, daß durch die Erzmetamorphose primär vorhanden gewesene, unbekannte antimonige Sulfosalze zerstört worden sind.

Der Kupferglanz ist bläulich und vollständig isotrop. Der Berthierit ist gegen Magnetkies lichter rosabraun, er ist stark anisotrop, HNO_3 (1 1) und KOH färben schwach braun; der Antimongehalt wurde nach Short mittels CsCl mikrochemisch festgestellt. Der Berthierit zeigt körnige, nicht die faserige Struktur wie der Przibramer.

Im Panzendorfer Erz tritt Kupferglanz und Berthierit in etwas anderer Form auf. Schon makroskopisch auffallende Linsen und Adern sind mit dem stark verzwillingten Kalzit ausgefüllt, in diesem Kalzit sind ebenfalls makroskopisch sichtbare Bournonitmassen ($CuPbSbS_6$) eingewandert; diese zeigen die normale körnige Struktur und die normale Verzwilligung. Diese Bournonitpartien sind von feinsten Kupferkiesadern durchzogen, an der Grenzzone gegen den Resorptionsrand des Kalzits sind auch isolierte Kupferkieskrystalle eingeschlossen. Die Umrandung der Kalzit-Bournonit-Linsen bildet ein Quarzgewebe, dessen Maschen teilweise ebenfalls mit Bournonit ausgefüllt sind (vgl. Abb. 3 der Taf. I), teilweise aber mit Kupferkies

und Magnetkies oder mit Bleiglanz und Kupferkies ausgefüllt sind. Zwischen Bournonit und dem Kupferkies-Magnetkies ist eine Zone von Maschen vorhanden, in denen aber wiederum an Stelle dieser Sulfide Berthierit und Kupferglanz auftreten. Ähnlich der oben geäußerten Ansicht, daß sich Kupferglanz und Berthierit an Stelle von Kupferkies und Magnetkies dort gebildet hat, wo Sb in der Lösung enthalten war, ist die Bildung von Bournonit aus solchen Sb-hältigen Lösungsteilen entstanden, aus denen ohne Sb Bleiglanz und Kupferkies ausgefällt worden wären.

Bleiglanz ist in recht wechselnder Menge in dem Sulfidgemisch vorhanden, er ist teilweise neben Kupferkies ausgeschieden. Da es an den Berührungsflächen gegen Blende, wenn auch selten, zu ganz leichter Resorption gegen die letztere kommt, so dürfte der Beginn seiner Ausfällung etwas später erfolgt sein; damit stimmt es überein, daß er vielfach als Zwickelausfüllung in Magnetkies auftritt. Selten schwimmen im Bleiglanz relativ große Partien von Fahlerz, während angeätzter Bleiglanz keine Silberträger erkennen ließ.

Zu einer etwas abweichenden Struktur ist es dort gekommen, wo ein sehr inniges Gemisch von Magnetkies, Kupferkies, Blende und Bleiglanz mit wenig Kalzit das Zement in grobkörnigem Pyrit-Mylonit bildet (Abb. 1 der Taf. I). Entweder liegen die einzelnen Sulfide hier an einfachen Flächen gegeneinander begrenzt nebeneinander, oder Magnetkies, Kupferkies und Blende bilden ein Gemenge von runden Tropfen, welche durch Bleiglanz zusammengehalten sind. Diese Struktur bietet besonders klar ein Bild gleichzeitiger Ausfällung aus der Lösung. Für alle diese Sulfide muß die Lösung gleich indifferent gewesen sein. Resorptionserscheinungen, Anzeichen einer Phasenvererzung, fehlen.

Zusammenfassung.

In den altkrystallinen Quarzphylliten erfolgte in einer alten, durch Graphitschieferlagen gekennzeichneten Bewegungszone eine Vererzung in Form mehrerer paralleler Erzlager. Diese Vererzung besaß den Charakter einer hochtemperierten perimagmatischen Lagerstätte, bei ihr kam es in späten Vererzungsphasen zur Ausbildung von Albit und von Chlorit.

Später setzte eine intensive (hohe) Metamorphose dieser primären Lagerstätte ein, deren Intensität aber zur weiteren metamorphen Veränderung des Trägergesteins nicht ausreichte. Diese Erzmetamorphose war in erster Linie eine kinetische. Die Silikate wurden zerdrückt und von metamorphem Erz durchadert, die Chloritscheite wurden aufgelockert und aufgewirbelt. Die harten Kiese, Pyrit, Arsenkies mit Gangquarz wurden zerdrückt. Die Form der Lagergänge wurde verändert, und zwar nicht gleichmäßig ausgelängt, sondern so wie es bei den sogenannten Kiesstöcken die Regel ist,[1] lokal

---

[1] A. Tornquist, Der Kiesstock von Agerdo. Sitzungsber. d. Wiener Akad., I, *142,* 1933, p. 263.

ausgedrückt und an anderen Stellen mit lokal geringerer Druckwirkung angeschoppt, es kam zur Bildung von Kieslinsen. Die weichen Sulfide und Sulfosalze gingen nach molekulärer Verschiebung bald in dem karbonatischen Bergwasser in Lösung. Entsprechend der Formveränderung der Lagerstätte wurde die Lösung zwischen die Bruchstücke der harten Kiese bewegt, wobei es gleichzeitig zur Lösung der letzteren kam, deren Bestandteile als Monosulfid in die Lösung eingingen. Ein Teil der Elemente der primären Lagerstätte, so Sb, Ag und ein Teil des S, wanderten aus den vorliegenden Teilen der Lagerstätte in höhere Teile der Lagerstätte. Mit der Abnahme des tektonischen Druckes fielen Magnetkies, Blende, Kupferkies, Bleiglanz, Kupferglanz, Berthierit, Fahlerz und Bournonit aus der Lösung wiederum aus. Das Ausfällen dieser Erzmineralien erfolgte phasenlos, sozusagen gleichzeitig, wobei sowohl der Beginn als das Ende der Ausfällung geringe Verschiedenheit aufwies. Jedenfalls kam es bei diesem Vorgang zu keiner Resorption bereits aufgefällter Erze. Die Metamorphose der Lagerstätte stellt sich nach dem erzmikroskopischen Befund folgendermaßen dar:

1. Zerbruch der primären Lagerstätte, Einwanderung eines wasserhellen Kalzits während der Bewegung, zugleich fortschreitende Lösung der primären Erze.

2. Beginn des Absatzes von Magnetkies und Blende.

3. Beginn des Absatzes von Kupferkies und Blende, aber an Stellen, an denen die Lösung Sb enthielt von Berthierit und Kupferglanz.

4. Beginn des Absatzes von Bleiglanz mit Fahlerz und Bournonit.

Die Ausscheidung von Kupferkies hat bis zum Schluß angehalten.

Der wasserhelle Kalzit beweist, daß zur Zeit der Metamorphose keine neue Therme aufgestiegen ist. Da der gebildete Kupferglanz blau und isotrop und da der Kupferkies nicht verzwillingt ist, kann sich die Metamorphose nur bei niederer Temperatur vollzogen haben. Tektonischer Druck war das Agens unter dem sich Metamorphose vollzog.

Im Vergleich mit anderen metamorph umgeformten Lagerstätten ist der Zustand der Pyritlager von Tessenberg-Panzendorf als hochmetamorph anzusprechen. Dies wird insbesondere bei einem Vergleich mit der von Huttenlocher so vorzüglich untersuchten Lagerstätte von Goppenstein im Wallis (vgl. obiges Zitat) deutlich. Im Goppensteiner Erz herrscht auch bei den weichen Sulfiden noch Kataklase vor, nur der Bleiglanz ist durch Lösung umgesetzt. Wir können die metamorphen Vorgänge in Erzlagerstätten, welche sich nicht unter gleichzeitiger Einwirkung von Thermen oder unter der von Kontaktvorgängen vollzog, durch das folgende Schema ausdrücken:

Kataklase ⟨
- molekuläre Verschiebung — Rekrystallisation.
- molekuläre Verschiebung — Lösung durch Gebirgswässer — Lösungsabsatz.

Vergleich mit anderen metamorphen Lagerstätten.

Die durch die Untersuchung festgestellte Genese unserer Lagerstätte regt zu Vergleich mit erzmikroskopisch ermittelten Strukturen anderer ostalpiner Lagerstätten an.

Der Kiesstock von Agordo (vgl. obiges Zitat) konnte ebenfalls als eine tektonisch stark bewegte sulfidische Lagerstätte erkannt werden. Im Gegensatz zu Tessenberg-Panzendorf verlief hier die Vererzung während der tektonischen Bewegung, der Absatz der weichen Sulfide erfolgte unter thermaler Zufuhr und demnach in Phasen.

Die alte pegmatitische Magnetkieslagerstätte von Lambrechtsberg wurde nach O. Friedrich[1] in Verbindung mit dem Eindringen der jüngeren Pegmatite in das Koralpenkrystallin gebildet. Sie ist sodann später gleichzeitig mit der Neubildung von Silikaten von der Diaphthorese des Krystallins erfaßt und metamorphosiert worden. Die Struktur der Erze zeigt auch hier keine Anzeichen einer Phasenvererzung, es geht auch hier Blende mit Magnetkies und mit Kupferkies, auch hier hat der metamorphe Absatz von Kupferkies den Absatz der anderen Sulfide überdauert. Es liegt hier auch eine Lösungsmetamorphose vor, welche aber in größerer Tiefenzone erfolgte.

Die Kupfer-Silber-Erzlagerstätte von Schneeberg in Südtirol ist von B. Granigg und sodann von E. Clar[2] als metamorphe Lagerstätte erwiesen worden. Diese Lagerstätte besteht aus Lagergängen und einem vererzten und später gefalteten Gang. Nach Granigg besteht aber in der Erzstruktur der im Zusammenhang mit dem Gang auch lagerförmig in den Schiefern auftretenden Erzen kein Unterschied. E. Clar kommt zu dem Schluß, daß in Schneeberg »die Überdeckung einer hydrothermalen, zwischen peri- und apomagmatisch stehenden Lagerstätte durch regionale Kontaktmetamorphose« vorliegt, wobei es dahin gestellt bleibt, ob sich beide Vorgänge — die der primären Vererzung und der Metamorphose — im Bereich eines großen Vorganges oder in Form zweier zeitlich verschiedener Ereignisse abgespielt haben. Auch die Erze dieser Lagerstätte lassen keine sichere Erzbildungsfolge erkennen. E. Clar hat die Vererzung, was schon Sander angenommen hatte, in bestimmten Zusammenhang mit der Tauernkrystallisation bringen können, diese hat die Umbildung der Lagerstätte und die Faltung des Ganges überdauert. Die Lagerstätte wäre demnach alpid und etwa den pneumatolytischen intrusiven Golderzlagerstätten am Ostrand der Zentralgranite (Schellgaden-Typus) gleichzustellen, welche O. Friedrich demnächst beschreiben wird und deren Vererzung derjenigen der Tauerngoldgänge vorausgegangen ist.

---

[1] Eine alte, pegmatitische Erzlagerstätte der Ostalpen. Neues Jahrb. f. Min. A, 1932, p. 479.

Schneeberg in Tirol. Zentralblatt f. Min. A. 1931, p. 105. Dort auch Literaturangabe der Arbeiten Granigg's.

Eine volle genetische Übereinstimmung mit unserer Lagerstätte zeigt dagegen die von W. E. Petraschek[1] erzmikroskopisch untersuchte Kieslagerstätte von Kallwang in Steiermark. Auch in dieser ist ein kataklastisch zerdrückter Pyritkörper mit wenig Arsenkies, von metamorph umgelagerten Kupferkiesschnüren und Magnetkies durchzogen, auch hier trat neben primär gebildetem Quarz offenbar während der Metamorphose eingewanderter Kalzit als Gangart in den Erzkörper ein. Es fehlen allerdings alle anderen Sulfide und die Sulfosalze. E. W. Petraschek möchte allerdings den Absatz des Magnetkies und Kupferkies aus dem Pyritlager während der Metamorphose neu zugeführter Mineralsubstanz auffassen.

Das Alter der Tessenberg-Panzendorfer Lagerstätte.

Pyritlager vom Typus Tessenberg-Panzendorf lassen sich über eine Anzahl von Aufschlüssen vom Villgratener Tal über das Burgental bis in den Leisacher Wald westlich Lienz im Zuge der Turntaler Quarzphyllite verfolgen. Der Typus dieser Erzlager ist genetisch scharf von anderen Erzlagerstätten zu trennen, welche mit ihnen in engem räumlichen Zusammenhang auftreten.

In dem südlich des Drautales bei Abfaltersbach bis St. Oswald im karnischen Krystallin auftretenden, nicht metamorphen Antimon-Silber-Erzlagerstätten konnte ich[2] genetische Verwandtschaft mit dem in den Savefalten verbreitetem Typus Litija (Littai) feststellen. Mineralisation und Struktur hat nichts mit den Tessenberg-Panzendorfer Erzen gemeinsam. In den Savefalten hängt die Vererzung mit den dazitisch-andesitischen, altmiozänen Effusiva zusammen. Durch den unterdessen von F. Heritsch[3] gemachten Fund auf tonalitisches Magma zurückzuführender Dioritporphyrite und junger Dazitgänge in den Karnischen Alpen, welche mit der savischen Gebirgsbewegung in Verbindung gebracht werden, sind auch die Abfaltersbacher Erze, welche ebenso wie diese karnischen Eruptivgänge mit der jungen Tektonik des Drauzuges, beziehungsweise des Karnikums synchron sind, in den Bereich gleicher altmiozäner magmatischer Effusiva gerückt worden. Wir haben in einem weiten Bereich der Ostalpen, in den Savefalten bis zum Drauzug in den Erzlagern altmiozäne magmatische Äußerungen eines dazitisch-tonalitischen Magmas. Da dieses Magma unter den apomagmatischen Lagerstätten der Savefalten zumal noch in Anbetracht der geringen Meereshöhe dieser Lagerstätten in erheblich größerer Erdtiefe anzunehmen ist wie unter den perimagmatischen Erzen des Drauzuges, so gewinnen wir die Vorstellung der Heraushebung des Magmaherdes gegen Norden, und

---

[1] Gefügestudie an der metamorphen Kieslagerstätte von Kallwang. Berg-Hüttenm. Jahrb., *76,* 1928, p. 85.

[2] Eine perimagmatische Antimon-Silber-Erzlagerstätte südlich Abfaltersbach, Osttirol. Zeitschr. d. Deutschen Geol. Ges., *85*, 1933. p. 53.

[3] Eruptiva der Karnischen Alpen. Sitzungsber. d. Wiener Akad., 10. November 1932.

es ergibt sich daraus die Vorstellung, daß die große Tonalitintrusion des Riesenferners und die Tonalitinjektionen bei Lienz und innerhalb der Kreuzeckgruppe eben dieser Magmabewegung angehören. W. v. Senarclens-Grancy[1] hat vorläufig berichtet, in welcher Weise die Riesenferner-Tonalitintrusion mit jener großen Ost-West-störung südlich des Defereggentales zusammenhängt. Einer freundlichen mündlichen Mitteilung desselben verdanke ich die Angabe, daß in dieser Störungszone auftretende Tonalitporphyritgänge teilweise noch verschiefert sind und daß der Tonalit auch mylonitisiert sein kann. Alle Beobachtungen schließen sich zu der Vorstellung zusammen, daß die Savefalten, die Karnischen Alpen, Drauzug und das Krystallin südlich des Venedigers von einem einzigen großen jungen magmatotektonischen Vorgang beherrscht werden, in welchem junge Tektonik, das gegen Nord aufdringende tonalitische Magma und die mit diesem stattgehabte Antimon-Silber aber arsenärmste Vererzung Teilerscheinungen darstellen.

Dieser Vererzung rechnete ich im Jahre 1933 schon die lange Reihe von Antimonitvorkommen zu, welche von Nikolsdorf östlich Lienz bis zum Kulmberg bei St. Veit an der Glan bekanntgeworden sind und über welche wiederum eine neueste Veröffentlichung von Canaval[2] vorliegt. Die Diaphthoritschieferzone, an denen diese Erze gebunden sind, stellen die im Westen in Nord und im Osten in Süd fallende Störungszone zwischen dem Drauzug und nördlicher gelegenen krystallinen Zonen dar.

Aber auch im Zuge der Turntaler Quarzphyllite selbst treten neben den Tessenberg-Panzendorfer Pyritlagern Erzvorkommen auf, welche mit diesen nichts zu tun haben. Es sind das ganz junge As-Cu-Erzgänge, welche in reichlicher Quarzgangart teilweise höheren Goldgehalt aufweisen. F. Czermak und J. Schadler (vgl. obiges Zitat) haben eine Schar solcher Gänge im Leisacher Wald bei Lienz beschrieben, und aus einer von diesen gleichzeitig veröffentlichen Kartierung (p. 34) ergibt sich, daß diese Erzgänge Tonalitporphyritgängen verqueren, also jünger als diese sind. Eine erzmikroskopische Untersuchung einiger dort von mir geschlagener Handstücke zeigt posttektonische ganz junge Erzstruktur. Am Fundkofl bei Oberdrauburg durchsetzen solche Gänge mit hohem Goldgehalt Kieslager vom Typus Tessenberg-Panzendorf. Es handelt sich bei ihnen und bei zahlreichen anderen im Kreuzeckmassiv verbreiteten gleichen Erzvorkommen um Tauerngolderzgänge, welche beweisen, daß die Tauerngoldvererzung nicht nur weit nördlich, sondern auch weit südlich des ostalpinen Zentralgranits reicht. Die erzmikroskopische Untersuchung dieser Erze steht noch aus.

[1] Die geologischen Verhältnisse am Ostende des Tonalits der Riesenferner. Zentralbl. f. Min. usw., 1930, B., p. 150, und Beiträge zur Geologie der Deferegger Berge usw., ebenda, 1932, B., p. 481.

[2] Die Antimonitvorkommen des oberen Drautales. Montan. Rundschau, Wien. *26*, 1934, Nr. 20, wo auch ältere Literaturangaben.

Betrachten wir die Tessenberg-Panzendorfer Erze in diesem Zusammenhang, so ergibt sich, daß ihre metamorphe Umprägung älter ist als die Tauerngoldvererzung, welche ich in das Altpliozän verlegte, daß die Erzmetamorphose, welche unseren Erzen die heute vorliegende Struktur verliehen hat, also abgesehen von eventueller älterer erzmetamorpher Umprägung (vgl. oben p. 23), nur auf die altmiozäne Tektonik bezogen werden kann, von welcher die Sb-Ag-Erze des Drauzuges nicht mehr erfaßt worden sind. Die primäre Vererzung muß dagegen viel älter sein. Beziehungen zu den älteren Lagerstätten des Grazer paläozoischen Gebirges lassen sich nicht feststellen, es können solche vielmehr nur zu ähnlichen Kieslagerstätten des ostalpinen Krystallin und der Grauwackenzone, wie zu den oben erwähnten Cu-führenden Kieslagern von Kallwang, vielleicht auch zu den »Branden« der Schladminger Tauern,[1] welche dort von den jungen Ni-Co-führenden Tauernerzgängen verquert werden (analoges Gangbild wie am Fundkofl), angenommen werden. Die primäre Vererzung der Tessenberg-Panzendorfer Kieslager kann dann nur voralpides, wahrscheinlichst varistisches Alter besitzen.

Varistische sulfidische Erzlagerstätten sind in den Ostalpen, soweit sie in Gesteinen der Grauwackenzone oder in krystallinen Schiefer auftreten — im Gegensatz zur varistischen Vererzung in den außeralpinen Horstgebirgen —, immer nur im Zustand hochmetamorpher Umprägung zu erwarten.

---

[1] G. Hiesleitner, Das Nickel-Kobalt-Erzvorkommen Zinkwald-Vöttern usw. Berg- und Hüttenm. Jahrb., Wien, *77*, 1929, p. 104, und O. Friedrich, Die Erze und der Vererzungsvorgang der Kobalt-Nickel-Lagerstätte Zinkwald-Vöttern usw. Ebenda, *81*, 1933.

Tafelerklärung.

Strukturbilder metamorpher Erze ohne Phasenvererzung.

Abb. 1. Breccie zerdrückter und angelöster Pyritbruchstücke (weiß mit Schleifrillen) zementiert durch ein Gemisch metamorph umgelöster Sulfide: Magnetkies (dunkelgrau mit starkem Relief), Kupferkies (lichter grau), Blende (grau ohne Relief) und Bleiglanz (weiß) = Pyritmylonit.

Tessenberger Erz. Anschliff 30 mal vergrößert.

Abb. 2. Lose Chloritblättchen in metamorphem, unverzwillingtem Kupferkies (weiß). Chloritscheite sind durch die Fließbewegung der karbonatischen Bergwässer, in welchen die Sulfide während der tektonischen Druckwirkung in Lösung gegangen waren, aufgelockert und aufgewirbelt. Nach Ausfällung der metamorphen Sulfide aus dieser Lösung verblieben die losen Chloritblättchen in den metamorphen Sulfiden = Beweis für die Lösungsmetamorphose der weichen Sulfide. Gesteinsquarz schwarz.

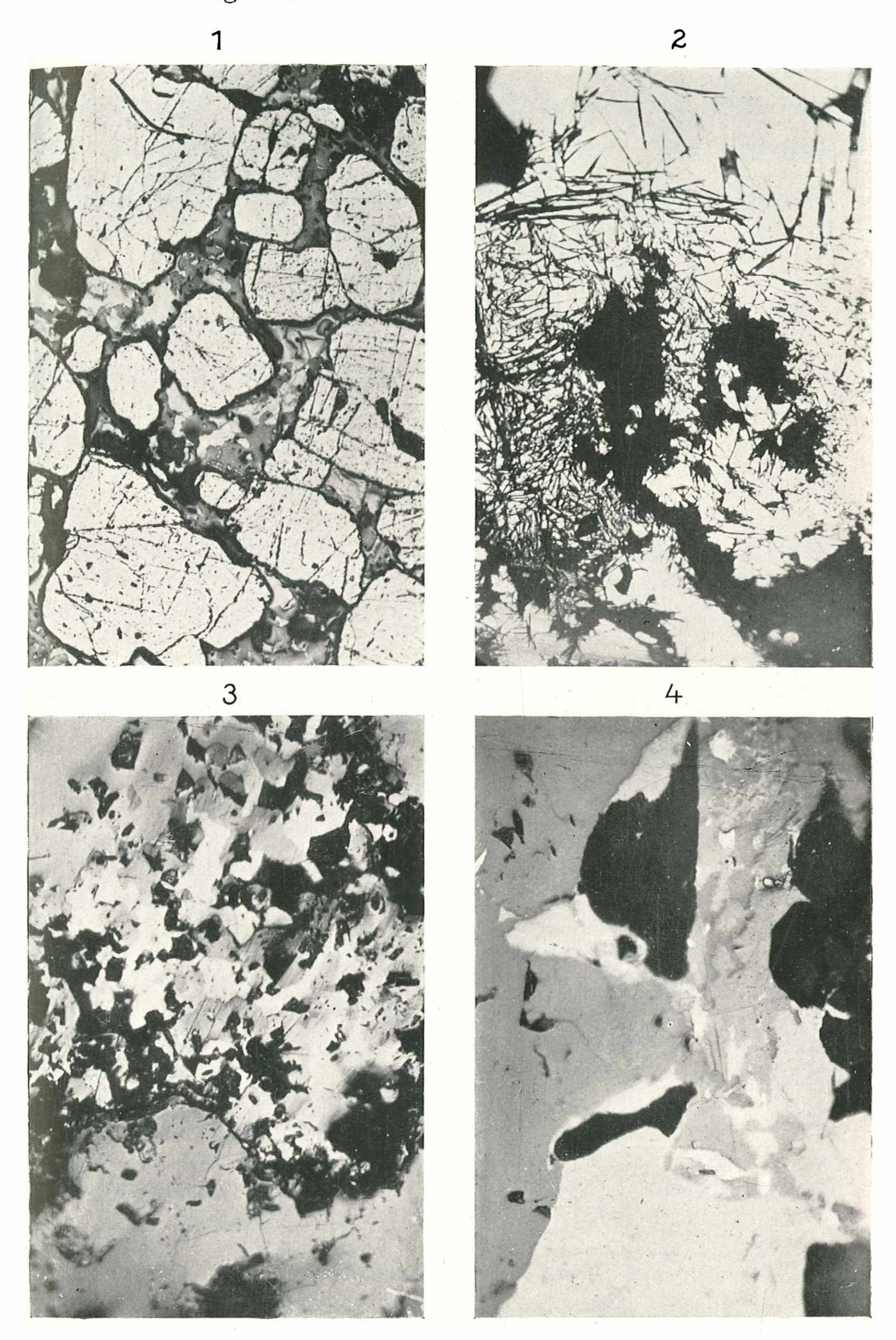
Panzendorfer Erz. Anschliff 30 mal vergrößert.

Abb. 3. Metamorphe antimonige Sulfosalze. Bournonit (grau, unten); im benachbarten Quarz (schwarz) Ausfüllungen von Magnetkies (grau mit Relief, oben) und Kupferkies (weiß), in der Mitte des Sehfeldes Kupferglanz (grau, ohne Relief, zerkratzt) und Berthierit (lichtgrauweiß).

Panzendorfer Erz. Anschliff 150 mal vergrößert.

Abb. 4. Kupferkieszug (grauweiß) in Magnetkies (grau, links). In beiden gleichzeitige Ausscheidungen von Blende (schwarz). Im Kupferkieszug ein inniges feinstes Gemisch von Magnetkies (grau mit Relief), Kupferglanz (lichtgrau, ohne Relief) und Berthierit (weiß).

Tessenberger Erz. Anschliff 150 mal vergrößert mit gekreuzten Nicols.


1
2
3
4